

Aplikasi Substrat Alumina Pada Antena Mikrostrip Patch Persegi Untuk Komunikasi Bergerak Pada Frekuensi (3,3 -3,4) GHz.

Sri Hardiati* , Yuyu Wahyu* , Suci Rahmadita**

*)Peneliti Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI)

**) Fakultas Elektro dan Komunikasi Institut Teknologi Telkom Bandung.

Jl. Sangkuriang Bandung 40135

e-mail:ash_egt@yahoo.com

Abstrak

Antena dirancang untuk dapat menyesuaikan dengan perangkat keras dan dapat memenuhi kebutuhan dari setiap pengguna. Kinerja (*Performance*) dari Antena mikrostrip patch , dipandang dapat mendukung kebutuhan dari sistem komunikasi wireless bergerak, karena pada sistem ini diperlukan antena yang ringan , bentuk fisiknya kecil dan dengan efisiensi tinggi.

Pada penelitian ini membahas mengenai Antena mikrostrip *single* patch persegi dengan mengaplikasikan substrat alumina yang bertujuan untuk meningkatkan Gain dan bekerja pada frekuensi (3,3-3,4) GHz. Dari hasil pengukuran Antena ini diperoleh nilai $VSWR \leq 1,8$ dengan Gain Antena 2,411 dB pada frekuensi 3,35 GHz , Pola radiasi unidirectional dan polarisasi mendekati circular.

Kata Kunci : Antena mikrostrip, Alumina, Sistem komunikasi.

1. Pendahuluan.

Sistem komunikasi wireless terutama dalam komunikasi bergerak memainkan peranan penting untuk kebutuhan masyarakat. Antena dalam sistem komunikasi bergerak merupakan salah satu komponen yang menyediakan daerah transisi antara gelombang RF yang dihasilkan oleh perangkat keras dari komunikasi bergerak dan gelombang yang ada di ruang bebas (udara) , memerlukan suatu desain antena yang ringan, ukuran kecil, sistem produksi yang sederhana cocok untuk permukaan planar maupun non planar , mudah terintegrasi dengan rangkaian dan memungkinkan untuk multifrekuensi serta bentuknya menarik.

Antena patch mikrostrip mempunyai kriteria seperti yang disebutkan , dimana secara relatif mempunyai bandwidth yang sempit . Untuk menambah *performance* dari sistem komunikasi , maka antena perlu desain untuk energi yang dipancarkan maupun energi yang diterima dengan efektif. Salah satu pengukuran efektif dari suatu

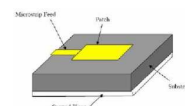
antena yaitu Gain, dimana penambahan Gain Antena untuk menambah Directivity.

Antena Mikrostrip patch persegi (*Rectangular*) dari penelitian ini , mengaplikasikan substrat alumina sebagai bahan untuk pembuatan antena yang bertujuan untuk memperbaiki *performance* seperti Gain, *radiation resistance* dan efisiensi. Alumina (Al_2O_3) yaitu aluminium Oksida yang merupakan senyawa kimia terdiri dari aluminium dan Oksigen mempunyai titik lebur tinggi , bersifat keras dan tahan korosi. Dengan karakteristik yang dimiliki substrat alumina , akan menghasilkan Gain yang cukup tinggi dengan range frekuensi kerja (93,3-3,4)GHz , dimana antena ini dapat diaplikasikan sebagai salah satu pendukung jaringan wireless seperti WiMAX , dalam segi transmisi.

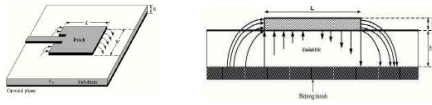
2. Deskripsi Antena Mikrostrip.

Bentuk geometri dari antena mikrostrip dapat dilihat pada gambar : 1 dan distribusi medan listrik pada antena mikrostrip ditunjukkan pada gambar : 2 . Antena mikrostrip mempunyai struktur dari 3 lapisan yaitu :

- Patch* bagian yang terletak paling atas dari antena dan terbuat dari bahan konduktor ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang , segitiga dsb.
- Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari sistem pencatutan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena. Ketebalan substrat berpengaruh pada bandwidth dari antena.
- Groundplane* yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.



Gambar : 1 . Geometri antena mikrostrip.



Gambar. 2. Distribusi medan Listrik pada Antena mikrostrip Patch

Dalam desain antena mikrostrip ada beberapa jenis substrat yaitu: epoxy, duroit, dan alumina, dimana substrat ini mempunyai relative *permittivity*/konstante dielektrik (ϵ_r) yang berbeda-beda.

Penentuan lebar patch (W) optimum, pada desain antena mikrostrip dapat digunakan dengan rumus seperti pada persamaan ^[1]: 1

$$W = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

ϵ_r merupakan konstante dielektrik/ *relative permittivity* dari substrat dan c adalah kecepatan cahaya dalam ruang bebas sebesar $3 \cdot 10^8$ m/s.

Panjang fisik dari antena mikrostrip dapat ditentukan dengan persamaan ^[1]: 2

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

ϵ_{eff} adalah konstante dielektrik efektif yang besarnya dapat ditentukan dengan persamaan:3

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad (3)$$

ΔL adalah besarnya medan gelombang elektromagnetik yang mengalir dari patch besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan ^[1]: 4 dan 5.

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

$$\Delta L = \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (5)$$

Keterangan :

h adalah tebal substrat (mm).

W adalah lebar dari patch (mm).

Untuk menentukan Impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip, dapat diperoleh dengan mengetahui perbandingan antara lebar konduktor dengan tebal substrat, yang ditunjukkan dengan persamaan ^[1]: 6 dan 7.

$$\frac{W}{h} \leq 1 \quad Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left[\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right] \quad (6)$$

$$\frac{W}{h} \geq 1 \quad Z_0 = \frac{120\pi \sqrt{\epsilon_{eff}}}{\frac{W}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W}{h} + 1.444 \right)} \quad (7)$$

Untuk mendapatkan $\frac{W}{h}$ dan ϵ_{eff} , bila diketahui Z_0 dan ϵ_r , maka dapat digunakan persamaan ^{[2],[5]}: 8.

$$\frac{W}{h} = \left[\frac{e^{(H)}}{8} - \frac{1}{4e^{(H)}} \right]^{-1} \quad (8)$$

Dimana :

$$H = \frac{Z_0 \sqrt{2(\epsilon_r + 1)}}{119.9} + \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{4}{\pi} \right) \quad (9)$$

Teknik matching dalam antena mikrostrip ini dapat menggunakan mode matching impedansi bertahap pada saluran transmisi dengan trafo $\lambda/4$ dan Syarat matching adalah $Z_0 = Z_{in}$. Dimana Z_0 adalah Impedansi karakteristik saluran dan Z_{in} yaitu Input Impedansi. Sistem matching bertingkat Binomial dapat diberikan dengan koefisien binomial seperti persamaan ^[6]: 10

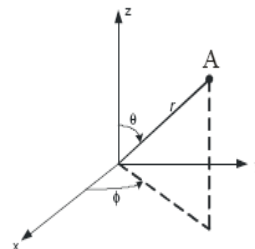
$$C_n = \frac{N!}{n(N-n)!} \quad (10)$$

$n = 0, 1, 2, \dots, N$.

Sehingga mendapatkan Impedansi seperti yang dinyatakan persamaan : 11.

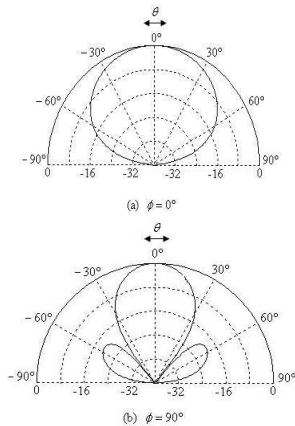
$$Z_{n+1} = Z_0 \exp \left[\frac{\sum_{k=0}^n C_k}{2^N} \ln \left(\frac{Z_L}{Z_0} \right) \right] \quad (11)$$

Pola Pancar antena mikrostrip yang merupakan bentuk radiasi gelombang elektromagnetik tergantung pada bentuk antena dan susunan antena dan juga pencatutan antena. Persoalan radiasi menggunakan sistem koordinat bola (spherical coordinate), dimana sebuah titik dalam ruang misalnya titik A. A (r, θ, ϕ) dimana $0 \leq \theta \leq \pi$, $0 \leq \phi \leq 2\pi$ dan dapat ditunjukkan dengan gambar : 3



Gambar : 3 Sistem koordinat bola

Pola pancar (Radiasi) Antena dapat digambarkan seperti pada gambar :4.



Gambar : 4. Pola Radiasi Antena.

Pencatutan antena untuk antena mikrostrip, secara garis besar ada 2 metode pencatutan yaitu daya RF dicatu secara langsung ke patch dengan menggunakan satu elemen penghubung dan metode dengan sistem transfer daya ke patch menggunakan kopling medan elektromagnetik. Adapun teknik pencatutan ada pencatutan *microstrip line*, pencatutan probe coaxial, pencatutan kopling medan dekat.

3. Desain Antena mikrostrip *rectangular*.

Dalam desain antena mikrostrip patch segi empat ini bekerja pada frekuensi (3.3-3.4) GHz. Dan bahan dielektrik yang digunakan yaitu alumina ceramic (Al_2O_3) dengan karakteristik :

Permittivitas relative, ϵ_r : 9.

Ketebalan dielektrik, h : 0.637 mm.

Ketebalan konduktor, t : 0.008 mm.

Spesifikasi antena mikrostrip yang dibuat mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

VSWR(Voltage Standing Wave Ratio): ≤ 1.5 .

Impedansi Input(Z_0) : 50 Ω .

Pola Radiasi : *Undirectional*.

Polarisasi : *circular*.

Gain : ≥ 2 dB_i

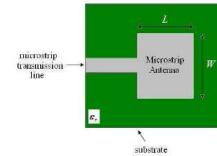
Desain Antena dipengaruhi oleh bahan substrat dan frekuensi kerja dari antena, karena 2 faktor ini akan mempengaruhi ukuran fisik dari antena. Perancangan antena dimulai dengan menentukan bentuk fisik yang dalam desain antena mikrostrip ini dipilih bentuk persegi empat (*rectangular*), yang kemudian diikuti dengan *ground plane* dan pencatutan.

Perhitungan Dimensi antena dengan menggunakan rumus: 1 dan 2 .maka diperoleh nilai :

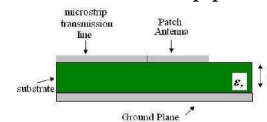
Lebar Patch (W) = 20,03 mm.

Panjang Patch (L) = 14,9 mm.

Desain dari Antena mikrostrip patch rectangular dapat ditunjukkan pada gambar : 5 dan 6.



Gambar : 5 . Antena mikrostrip patch dari atas.



Gambar : 6 . Antena Mikrostrip patch dari samping

Desain Antena mikrostrip patch persegi ini menggunakan sistem pencatutan *microstrip line* Perhitungan impedansi dari pencatutan antena antena mikrostrip *patch rectangular* ini, dengan menggunakan rumus ^{[1],[3]} : 12 dan 13.

$$G_{feed} = \frac{W}{120\lambda} \left[1 - \frac{1}{24} (k_0 h)^2 \right]. \quad (12)$$

$$Z_{feed} = \frac{1}{G_{feed}} \quad (13)$$

Maka diperoleh : $Z_{feed} = 116.95 \Omega$.

Untuk lebar saluran transmisi menggunakan teknik matching (sepadan) impedansi yaitu trafo $\lambda/4$ dan menggunakan 2 tingkat matching ($N=2$) . Dengan persamaan 11 diperoleh :

$$Z_1 = 50 \exp \left[\frac{1}{4} \ln \left(\frac{116.95}{50} \right) \right] = 61.83 \Omega.$$

$Z_2 = 76.46 \Omega$ dan $Z_3 = 116.95 \Omega$.

Maka :

$$Z_{T1} = \sqrt{Z_0 \times Z_1} = \sqrt{50 \times 61.83} = 54.6 \Omega$$

$Z_{T2} = 68.75 \Omega$ dan $Z_{T3} = 94.56 \Omega$

Dengan menggunakan rumus persamaan 8 dan 9., maka diperoleh lebar saluran yang nilainya :

$$H = \frac{Z_0 \sqrt{2(\epsilon_r + 1)}}{119.9} + \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{4}{\pi} \right) = 0.989.$$

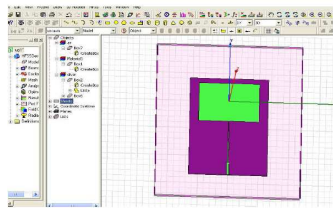
$$\frac{W}{h} = 0.5337$$

$$\frac{W_1}{0,637} = 0,5337$$

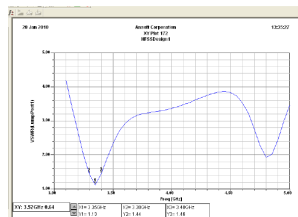
Maka : $W_1 = 0,34$ mm, $W_2 = 0,42$ mm, $W_3 = 0,72$ mm.

Ground plane secara ideal memiliki ukuran tak terhingga (*infinite Ground Plane*), tetapi hal tersebut tidak mungkin untuk direalisasikan. Dalam desain antenna mikrostrip ini, menggunakan *ground Plane* yang memiliki ukuran 40 mm x 26 mm.

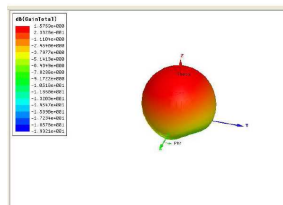
Dengan menggunakan software, frekuensi resonan antenna yang terjadi di frekuensi 3.35 GHz, diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar : 7. Tampilan Antena Mikrostrip Pada software.



Gambar: 8. Hasil Simulasi VSWR



Gambar : 9. Hasil Simulasi Gain.

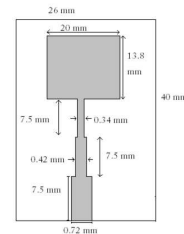
Dari hasil simulasi diperoleh Gain rata sebesar :1,57 dB dan hasil simulasi VSWR, *Return Loss* ditunjukkan pada tabel : 1.

Frekuensi(GHz)	VSWR	Return Loss
3,3	1,44	-18,41
3,35	1,13	-28,02
3,4	1,46	-22,51

Tabel : 1. Hasil Simulasi VSWR dan Return Loss

Dengan melakukan modifikasi melalui simulasi untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan maka desain

antena mikrostrip *patch rectangular* diperoleh seperti gambar :10, dimana model desain gambar digunakan sebagai prototype dari antenna mikrostrip patch rectangular.



Gambar : 10 . Desain Antena mikrostrip patch tunggal

4. Pembuatan Antena Mikrostrip patch rectangular.

Pembuatan antenna dilakukan di laboratorium Bahan dan Mikroelektronik Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET)-LIPI . Pembuatan antenna menggunakan teknologi *Thick Film* dengan screen printing alumina dilapisi perak. Adapun urutan proses pembuatan yaitu :

- Membuat *Masker Screen printing* sesuai bentuk antenna yang didesain.
- Melakukan screen printing dengan pasta silver.
- Melakukan Proses pembakaran dengan suhu 850⁰ C.
- Kemudian melakukan pemotongan sesuai dengan bentuk dan ukuran yang di tentukan dari hasil perhitungan secara simulasi .
- Konektor yang digunakan antenna mikrostrip ini adalah jenis konektor SMA.

Realisasi dari desain antenna dapat dilihat pada gambar : 11.



Gambar : 11. Realisasi Desain Antena mikrostrip patch tunggal

5.Hasil Pengukuran dan Analisa .

5.a.Pengukuran VSWR, *Return Loss* dan Input Impedansi.

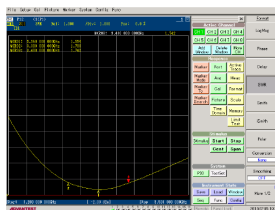
Pengukuran dari patch antenna ini menghasilkan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) yang berhubungan

dengan *Return loss* yaitu rasio logaritmik yang diukur dalam dB yang membandingkan daya yang dipantulkan dengan daya yang akan masuk kedalam Antena penerima. Hubungan antara *Return Loss* dan VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan ^{[4],[6]} : 14 dan 15.

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (14)$$

$$Return Loss = 20 \log |\Gamma| \quad (15)$$

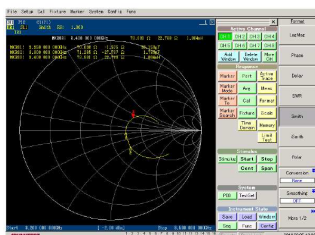
Γ adalah koefisien refleksi. Grafik pengukuran VSWR , *return loss* dan Pengukuran Impedansi input , masing-masing dapat ditunjukkan pada gambar : 12, 13 dan 14.



Gambar : 12 Grafik VSWR



Gambar : 13 Grafik Return Loss.



Gambar : 14. hasil Impedansi input.

Dari hasil pengukuran VSWR, *Return Loss* dan input Impedansi dapat dilihat pada tabel :2.

Frekuensi (GHz)	Impedansi Input			
	VSWR	Return Loss (dB)	Riil	Imajiner
3.3	1.708	-11.283	70.036	-1.575
3.35	1.334	-18.927	71.265	-27.787
3.4	1.742	-11.170	73.881	22.783

Tabel : 2 Hasil Pengukuran VSWR, Return Loss, Input Impedansi

Dari hasil pengukuran yang diperoleh , maka dapat diambil analisa bahwa spesifikasi bahan substrat alumina yang direalisasikan, kemungkinan nilainya tidak tepat sama dengan perhitungan/simulasi ($\epsilon_r = 9$) dan kurang pastinya dari ketebalan konduktor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan silver. Ukuran dari lebar feeding yang terlalu kecil akan membuat kurang akurat pada pabrikan.

b. Pengukuran Gain Antena.

Gain antena yaitu perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antena terhadap intensitas radiasi maksimum antena referensi dengan daya input yang sama. Gain antena hasil pengukuran dihitung berdasarkan persama ^[7] : 16.

$$G_{(dB)} = P_{(dBm)} + P_{ref(dBm)} + 2.14dB \quad (16)$$

Keterangan :

G adalah Gain antena yang diukur.

P adalah level daya yang diterima.

P_{ref} adalah level daya yang diterima oleh antena referensi.

Gain Antena referensi pada pengukuran ini sebesar 2.14 dB.

Pengukuran dilakukan dengan pengambilan data pada frekuensi 3.35 GHz dan hasil pengukuran diperoleh data yang ditunjukkan pada tabel : 3

No	Daya Max Antena Yang diukur(dBm)	Daya Max Antena Referensi
1	-43.67	-43.67
2	-43.5	-43.33
3	-42.17	-43.5
4	-44.5	-43.83
5	-43.67	-43.5
6	-42.86	-44.17
Rata ²	-43.395	-43.666

Tabel : 3. Data Daya Max Antena yang diukur & Referensi

Sehingga diperoleh Gain sebesar 2.411 dB, dari hasil tersebut , maka Gain Antena yang diperoleh dari pengukuran dan hasil gain dari simulasi terjadi perbedaan , hal ini terjadi diperkirakan karena karakteristik antena yang kecil menggunakan substrat dielektrik yang cukup tipis , hal ini mengakibatkan rendahnya efisiensi radiasi yang dihasilkan dan berpengaruh terhadap Gain pada proses simulasi dan pengukuran.

c. Pola Pancar (Radiasi)Antena.

Hasil Pola radiasi antena mikrostrip patch rectangular ditunjukkan pada gambar : 15 , yang membentuk pola radiasi *unidirectional*, dimana ini

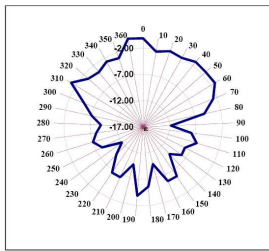
merupakan gambaran dari intensitas pancaran antenna sebagai fungsi dari koordinat bola (θ, ϕ). Pengukuran pola radiasi dilakukan pada medan jauh (*Far Field*), dimana persamaan medan jauh dinyatakan dalam persamaan :

$$R \geq \frac{2D}{\lambda} (m) \quad (17)$$

R : jarak medan jauh.

D : Dimensi max antenna.(m).

λ : Ppanjang gelombang (m).

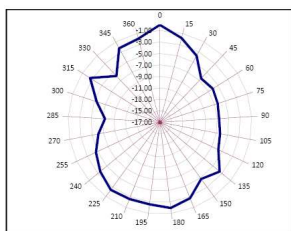


Gambar : 15. Pola Radiasi Antena mikrostrip patch tunggal

Dari hasil ini keakuratan data masih diragukan , karena pengukuran dilakukan di ruang terbuka , tidak dilakukan di *anechoic chamber* . Hal ini memungkinkan tidak menutup adanya interferensi dari luar yaitu terjadinya pantulan- pantulan sinyal luar, sehingga level yang diterima tidak murni dari pancaran maksimum antenna tersebut.

d..Polarisasi .

Polarisasi suatu antenna pada arah tertentu adalah suatu jejak arah medan elektrik dari gelombang yang dipancarkan oleh antenna. Hasil polarisasi antenna mikrostrip patch persegi ini, berpolarisasi ellips yang mendekati circular yang ditunjukkan pada gambar : 16.



Gambar : 16. Polarisasi Antena mikrostrip patch.

6. Kesimpulan.

Dari hasil pengukuran antenna mikrostrip patch persegi dapat diambil kesimpulan :

- Gain hasil dari pengukuran adalah 2,411 dB, nilai ini kecil tetapi masih dapat digunakan. Dan untuk memperbesar Gain dapat dilakukan dengan menambah patch secara array.
- Penggunaan substrat dengan konstante dielectric yang tinggi (ϵ_r) untuk mengurangi dimensi fisik.
- Pola radiasi dari antenna patch ini menyerupai unidirectional dan memiliki polarisasi mendekati circular. Hasil simulasi dengan hasil pengukuran terjadi perbedaan hal ini ada beberapa faktor dari proses pembuatan antenna mikrostrip terutama pada ketelitian ukuran-ukuran yang diperlukan dari hasil desain antenna mikrostrip *rectangular* untuk direalisasikan. Dan juga keterbatasan dari software yang digunakan.
- Nilai VSWR diperoleh dari hasil pengukuran $\leq 1,8$ pada frekuensi (3,3-3,4) GHz, maka antenna tersebut dapat digunakan untuk komunikasi wireless bergerak , khususnya untuk mendukung aplikasi WiMAX.

Daftar Pustaka.

- [1] . Constantine A. Balanis ,” Antenna Theory Analysis And Design”, New Jersey John Wiley & Sons, Inc,2005.
- [2]. M.Petersson, “ Microstrip Solution for Innovative Microwave Feed Systems”, University of Linkoping, Noorkoping, Sweden 2001.
- [3]. J.R.James and P.S.Hall, “ Handbook of Microstrip Antenna, London : Peter Pelegrinus Ltd, 1989.
- [4]. Kraus, JH and Ronald JM, “ Antenna For All Applications 3rd edition. New York ,Mc Graw-Hill higher Education, 2002.
- [5]. KC. Gupta, Ramesh Garg,Inder Bahl, Prakash Bhartia , “ Microstrip Lines and Slotlines”, ARTECH House 1996.
- [6].Robert E. Collin “ Foundation For Microwave Engineering”,McGraw-Hill ,1992.
- [7].Warren L. Stutzman, Gary. A.Thiele,”Antenna Theory And Design” John Wiley &Son 1976.
- [8]. Mustafa Ergen, ‘ Mobile Broadband “ Springer Science + Business Media, LLC 2009, USA.